



US006423203B1

(12) **United States Patent**
Faita et al.

(10) **Patent No.:** US 6,423,203 B1
(45) **Date of Patent:** Jul. 23, 2002

(54) **METHOD FOR THE INTEGRATION OF FUEL CELLS INTO ELECTROCHEMICAL PLANTS**

4,310,605 A 1/1982 Early et al. 429/18
4,689,133 A 8/1987 McIlhenny 204/269
4,778,579 A 10/1988 Levy et al. 429/17

(75) **Inventors:** Giuseppe Faita, Novara; Angelo Ottaviani, Milan, both of (IT)

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

(73) **Assignee:** Nuvera Fuel Cells Europe S.r.l. (IT)

DE 1421366 10/1968
EP 0701294 3/1996
FR 1326570 8/1963

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

* cited by examiner

(21) **Appl. No.:** 09/674,312

(22) **PCT Filed:** Apr. 23, 1999

(86) **PCT No.:** PCT/EP99/02772

§ 371 (c)(1),
(2), (4) **Date:** Oct. 27, 2000

(87) **PCT Pub. No.:** WO99/56334

PCT Pub. Date: Nov. 4, 1999

(30) **Foreign Application Priority Data**

Apr. 29, 1998 (IT) MI98A0914

(51) **Int. Cl.⁷** C25B 1/00

(52) **U.S. Cl.** 205/343; 205/349; 205/637;
204/253; 204/266; 204/267; 429/32; 429/22;
429/23; 429/25

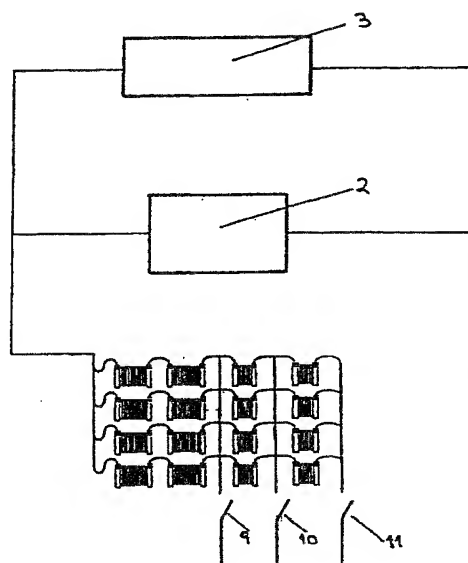
(58) **Field of Search** 205/343, 349,
205/637; 204/253, 266, 267; 429/32, 22,
23, 25

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,084,038 A * 4/1978 Scragg et al. 429/19

20 Claims, 5 Drawing Sheets



【特許請求の範囲】

【請求項1】 導電性バスバーおよび整流器を装備し、副産物として水素を形成する電解槽を備えた電気化学プラントへ、圧力をかけられた空気と前記水素とが供給される燃料電池を接続する方法であって、

電圧の変換又は調整のいかなる中間段も無しで、前記燃料電池を前記電解槽の前記バスバーへ直接に接続する

ことを特徴とする方法。

【請求項2】 請求項1記載の方法であって、前記接続が直列型であることを特徴とする方法。

【請求項3】 請求項1記載の方法であって、前記接続が並列型であることを特徴とする方法。

【請求項4】 請求項1ないし3の何れかに記載の方法であって、前記燃料電池がセクションからなるモジュールに組み立てられることを特徴とする方法。

【請求項5】 請求項3および4に記載の方法であって、前記燃料電池において前記水素を使用することを可能にするために、前記モジュールを順次的に挿入するステップを備えることを特徴とする方法。

【請求項6】 請求項3および4に記載の方法であって、前記モジュールのセクションを順次的に挿入することによって、前記燃料電池の電圧を調節するステップを備えることを特徴とする方法。

【請求項7】 請求項5または6に記載の方法であって、コンピュータ化した制御および監視システムによって、前記モジュールおよび前記モジュールのセクションを順次的に挿入するステップを備えることを特徴とする方法。

【請求項8】 請求項3および4に記載の方法であって、空気圧を変えることによって、前記燃料電池の電圧を調節するステップを備えることを特徴とする方法。

【請求項9】 請求項5または6に記載の方法であって、コンピュータ化した制御および監視システムによって、順次的に前記モジュールを挿入し、空気圧を変えるステップを備えることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

燃料電池は、化学エネルギーから電気エネルギーへの直接変換を可能にする静的な装置である。したがって、燃料電池は、熱機関に関するカルノーの原理の制限によって影響されず、実際に、高い変換効率（供給された燃料の低熱量に関して50%以上）を得られることが特徴である。最も関心をひくタイプの燃料電池は、通常、大気圧よりやや高いところから3～5バールまでの圧力の下で、空気と水素、あるいは水素を含むガスが供給される燃料電池である。特に今日の注目は、その単純性および大幅なコスト削減の可能性を考慮して、イオン交換重合体膜タイプのものに集中している。膜燃料電池に特にふさわしいタイプの設計は、米国特許第5,482,792号に記述される。今日の燃料電池に関する技術開発は非常に進められているが、それらの商業化はまだはるかに先である。なぜなら、それはまだ生産コストが高く、燃料電池の動作を保証するのに必要な補助コンポーネントのシステムに対する信頼性の高い効率的な実証された設計が不足しているのと、純粋な水素あるいは有効量の水素を含むガスをコスト効率良く入手できる可能性がないためである。この最後の問題は、主として塩素アルカリプラント、塩素酸塩電気分解、および塩酸の電気分解又は精製プラントといった電気化学プラントにより構成される化学コンビナートの中で、実際には克服される。これらのプラントは、時として、水素を含有する大量の副産物のガスを生産することが特徴とされる。電気化学プラントは、特に、生産される水素がしばしば非常に純粋（塩素アルカリ電気分解、塩酸電気分解）であるか、容易に精製（塩素酸塩電気分解、酸素および塩素の痕跡から）することができるので、特に燃料電池との統合に適している。さらに、燃料電池によって生成される電気エネルギーは通常は直流タイプであり、電気化学プラントの電解槽で要求される電気エネルギーと同じである。従って、電気化学プラントへ燃料電池を統合することは、原則的には容易であるはずであり、水素の回収によって、電力の全体的消費量を実質的に減少させる結果となるはずである。反対に、化学プラントの場合には、燃料電池によって生産された電気エネルギーは、電動機、ヒータおよびこれらのプラントに設置される他の電気装置が要求するエネルギー形態である交流電流に、変換されなけ

ればならない。電気エネルギーを直流から交流に変換するDC/AC変換器は、インバータとして知られているが、設置のための組立て（燃料電池－接続配管－熱交換器－インバータ－電氣的接続バスバー）を要する非常に高価な装置であり、生成される電気エネルギー量を考慮すると経済的に不利である。

【0002】

これらのことを考慮して、電気化学プラントに燃料電池を統合することに対する関心が、長年示されてきた。そのような関心を示す例は、最新技術を代表する米国特許第4, 778, 579号に記載されている装置である。この装置は、他の特許に記載される多くの他のものと同様に、電解槽の両端と、燃料電池の両端での2つの電圧を適合させるための電圧調整器の使用を予見する。米国特許第4, 778, 579号の図2に記述されるように、これらの電圧は電流が変化するとともに変化し、定電流では、時間の変化と共に変化する。電気化学プラントの電力に適した電圧調整器は、前述のインバータと同様の不都合を持つ高価な装置であり、燃料電池をベースにしたシステムの導入を、ほとんど経済的に魅力的なものにしている。

【0003】

本発明の目的は、電気化学プラントに燃料電池を直接に統合する方法を提供することである。直接に統合することによって、従来技術で使用されたいかなる電圧変換器、調整器、またはそれらと類似の装置も挿入しないで、バスバー（bus bar、母線）により燃料電池を電解槽に接続することが意図される。

【0004】

以下に、本発明を図面を参照して説明する。

図では、同じ部品が同じ参照数字によって示され、特に、燃料電池は参照数字1、電気分解装置（electrolyzer、電解槽）は2、整流器は3で識別され、電圧調整器は参照数字4で示される。

【0005】

図2は、燃料電池－電解槽－整流器の直列接続を図式化したものである。この接続は、回路の様々なポイントで電流が一定であることと、電解槽電圧と燃料電池電圧の間の差によって与えられる、整流器により要求される電圧とを特徴とす

る。反対に、図3は、電解槽—整流器回路への燃料電池の並列接続を図式化したものである。この場合、三つのコンポーネントの電圧は同じであり、電解槽に供給される電流は、燃料電池の電流出力と整流器の電流出力の合計によって与えられる。両方のシステムとも、様々なアプリケーションによっては長所を提供し、また、ある点では相補的に欠点を呈示する。詳細は次のようである。

【0006】

— 直列接続は、実際、電流が整流器によって課される電流であるので、燃料電池の電流出力のいかなる制御も要求しない。整流器によってバランスが提供されるので、電解槽の電圧と適合させるために燃料電池の電圧の制御をする必要はない。以上述べたことから、直列接続は、制御システムに関して特に単純で、電気負荷の変動を調整することに非常に柔軟性がある。しかしながら、それは実質上低い電流を持つ回路に対してのみ適しており、同じ出力では、並列接続に比べて、より多くの燃料電池を必要とする。

【0007】

— 並列接続は、いかなる範囲の電流にも適していて、単極の電解槽で典型的な非常に高い電流に対しても適している。その制御は直列システムより複雑であるが、工業規模においては受入可能である。さらに、並列接続は、直列接続に比べて、燃料電池の数が少なくて済む。

【0008】

燃料電池の全体出力の制御は、適切なベース・モジュールの使用により達成される。燃料電池システム全体は、すべての使用可能な水素を完全に利用するのに必要なだけの数のベース・モジュールからなる。図4は、可能なベース・モジュールの構造を示す。参照番号5および6は、燃料電池のスタックと呼ばれるものを示す（スタックは、商用製品として生産者によって供給される基本（elementary）燃料電池を集合させたものである）。図4に示された実施形態は純粹に例示であり、いかなる点においても本発明の目的の制限と見なされてはならない。この実施形態は、ベース・モジュールに対して2つのセクションを備え、それらは参照数字7および8で示され、各々が、それぞれ、タイプ5およびタイプ6の直列の2つのスタックで作られる。図4のタイプ6のスタックは、タイプ5のスタ

ックの燃料電池の数の半分の数の基本燃料電池で作られている。図5は、図4の1つのモジュールを使用する場合の、電解槽および整流器との並列接続を示す。特に図5では、参照数字9、10および11によって示された断続器によってモジュールの接続がどのように実行されるかを理解できる。断続器11が作動された場合、モジュールの電圧出力は最大であり、断続器10あるいは9が作動させられる場合、その電圧出力はそれぞれ80%および70%に減少される。膜燃料電池のスタックの代表的な寸法によって可能となるモジュールのこの構造によって、燃料電池システムの電圧が、電解槽の電圧と適合するように時間と共に調整することができる。後者の電圧は、電極のような様々な部品の効率が継続的に損失し、その触媒活動が、遅いが絶え間なく減衰する結果として、時間とともに変化する。燃料電池のスタックの電圧の調整は断続的なタイプであり、モジュールに適用される断続器の数がより多ければより正確になることは明白である。電解槽に供給される電流に依存して変化する多量の水素を使用する必要性は、電解槽—整流器にいくつかのモジュールを並列に順次接続することにより充足される。電解槽の電圧が、上述の動作時間に加えて、そこに供給される電流の強さに依存するので、挿入されるモジュールの数およびモジュール自体の電圧を変化させる断続器の作動は、コンピューター化された制御および監視システムによって実行される反復手続きによってもたらされる。本発明の代替的な実施形態は、モジュールの電圧の変化が、燃料電池へ供給される空気の圧力を変えることにより得られることを予見する。図6は、前述のようにスタックの基本要素である基本燃料電池の電圧の関数としての挙動を表す。顕著に電圧に影響を及ぼすのは、水素の圧力ではなく、空気圧であることに留意されたい。従って、空気圧が変えられるときに、必ずしも水素圧力も変えなければならないということはない。この状況は、典型的に、もし適切に設計されれば、或るバルブまで空気と水素の圧力差に耐えることができる膜燃料電池により可能とされる。

【0009】

上記の実施形態が本発明を制限するものではないことが理解されなければならない。上述の本発明は、添付された特許請求の範囲によって定義されるように本発明の精神および範囲内にある任意の変更、代替、省略、あるいは互換的な構成

を網羅することを意図する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

従来技術の燃料電池－電解槽－整流器－電圧調整器の接続を示す概略図である。

【図2】

本発明による燃料電池－電解槽－整流器の接続が直列でなされた場合の概略図である。

【図3】

本発明による燃料電池－電解槽－整流器の接続が並列でなされた場合の概略図である。

【図4】

燃料電池モジュールの概略図である。

【図5】

図4の燃料電池モジュールを電解槽－整流器と並列に接続した場合の概略図である。

【図6】

基本燃料電池の挙動を電圧の関数として示す図である。

【図1】

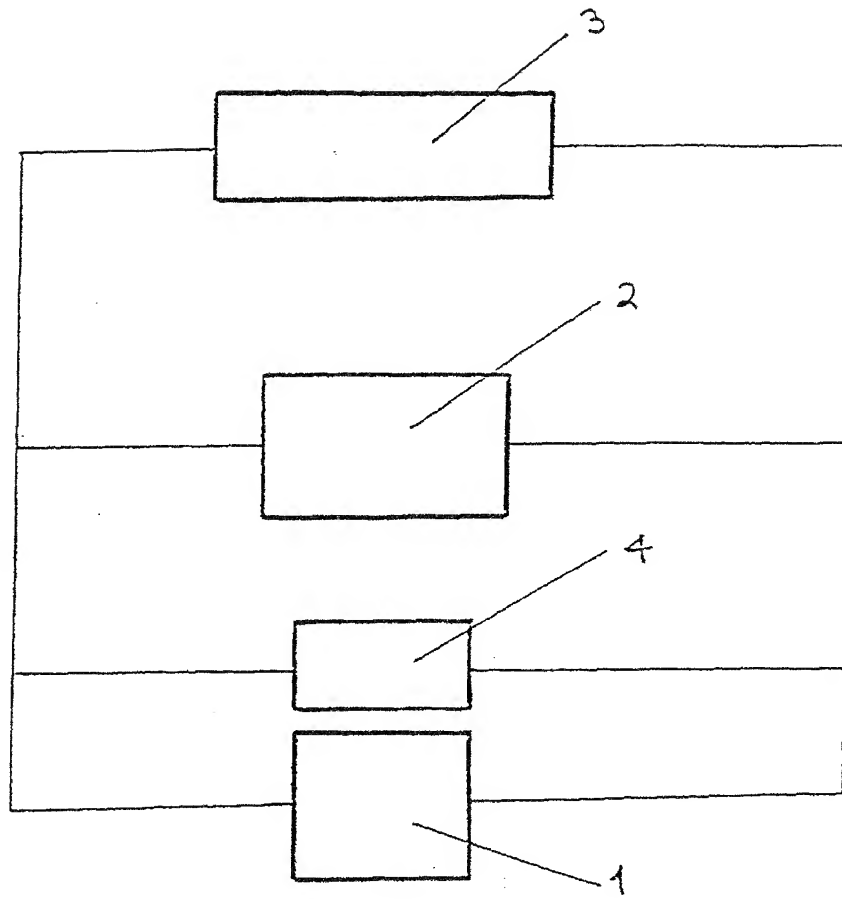


FIG. 1

【図2】

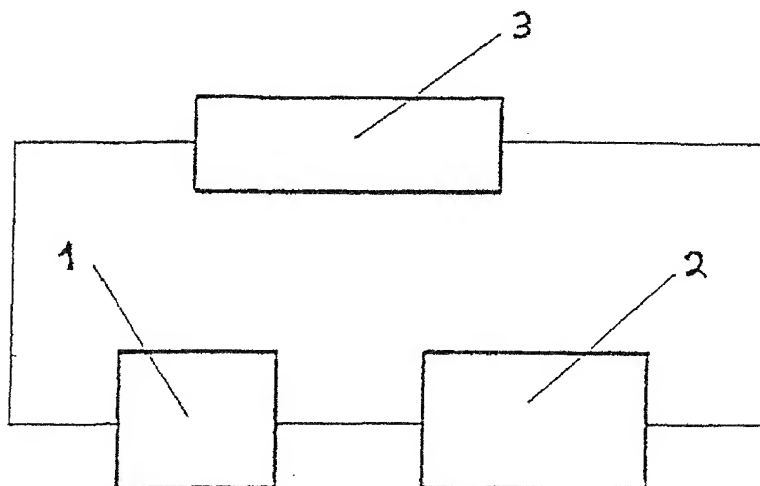


FIG. 2

【図3】

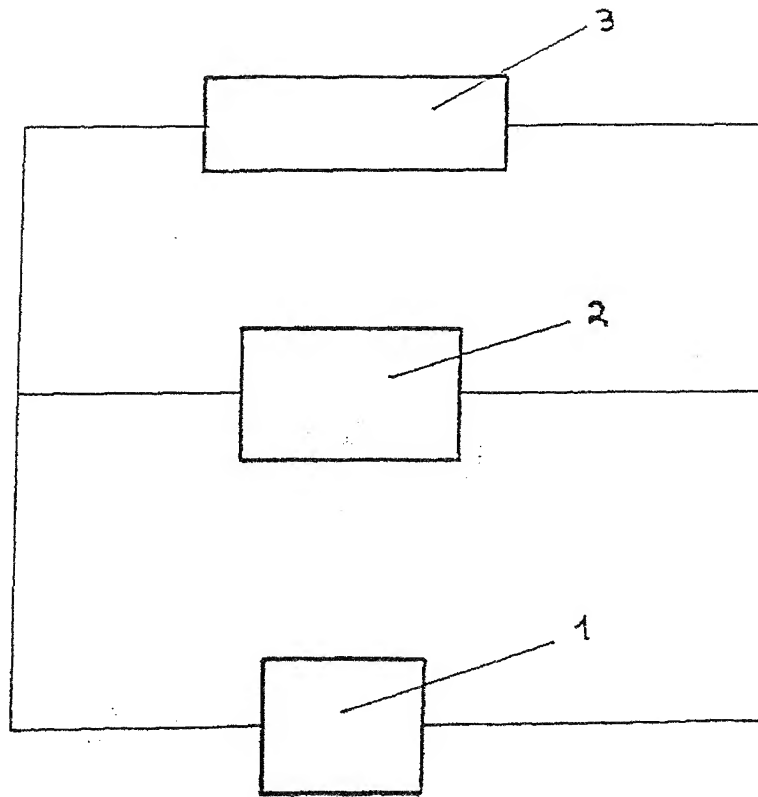


FIG. 3

【図4】

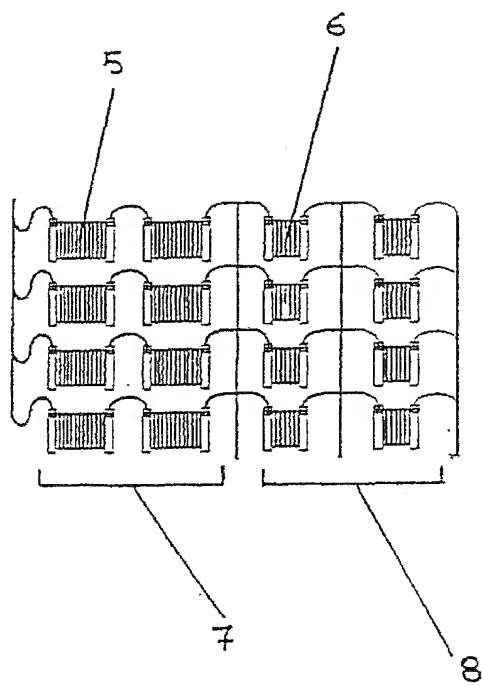


FIG. 4

【図5】

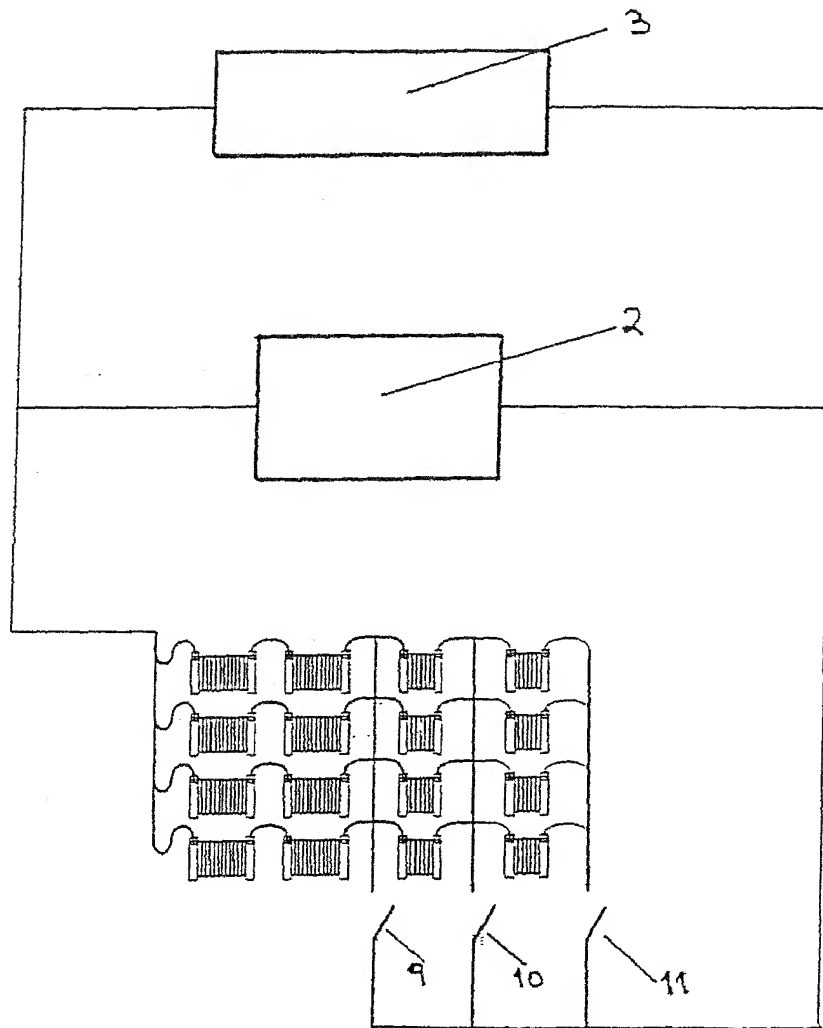
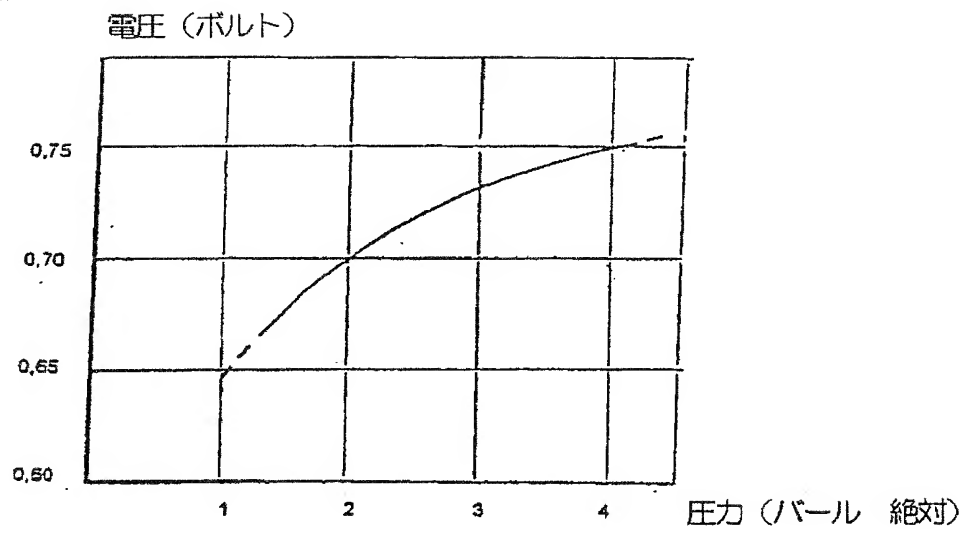


FIG. 5

【図6】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 99/02772

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01M8/06 H01M8/04 C25B15/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01M C25B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 310 605 A (EARLY JACK ET AL) 12 January 1982 (1982-01-12) the whole document	1, 2, 4-6, 8
Y	US 4 689 133 A (MCILHENNY WILLIAM F) 25 August 1987 (1987-08-25) claims 1-5	8
Y	FR 1 326 570 A (SOC. ELECTROCHIM. ELECTROMETALL. ET ACIERIES ELECTRIQUES D'UGINE) 14 August 1963 (1963-08-14) page 3, column 2, line 27 - line 51; figure 3	1, 2, 4-6
A	US 4 778 579 A (LEVY ALEXANDER H ET AL) 18 October 1988 (1988-10-18) cited in the application claims 1-26	1-9
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 August 1999

Date of mailing of the international search report

27/08/1999

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Battistig, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/EP 99/02772
--

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 701 294 A (BRITISH GAS PLC) 13 March 1996 (1996-03-13) claims 1-23	1-9
A	DE 14 21 366 A (ESSO RESEARCH & ENGINEERING COMPANY) 31 October 1968 (1968-10-31) claims 1,16-19	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/02772

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4310605 A	12-01-1982	AU 7424481 A CA 1164524 A DE 3137677 A FR 2490882 A GB 2084387 A,B IT 1171540 B JP 1362785 C JP 57080677 A JP 61030386 B	01-04-1982 27-03-1984 19-05-1982 26-03-1982 07-04-1982 10-06-1987 09-02-1987 20-05-1982 12-07-1986
US 4689133 A	25-08-1987	NONE	
FR 1326570 A	14-08-1963	NONE	
US 4778579 A	18-10-1988	AU 561866 B AU 2903184 A CA 1221402 A	21-05-1987 06-12-1984 05-05-1987
EP 0701294 A	13-03-1996	CA 2150082 A GB 2290409 A,B JP 8007905 A US 5601936 A	17-12-1995 20-12-1995 12-01-1996 11-02-1997
DE 1421366 A	31-10-1968	NONE	

フロントページの続き

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW